

Sätechnik

Till Meinel

Kurzfassung

Flexible Einsatzmöglichkeiten, erhöhte Bedienerfreundlichkeit und Präzision sind wichtige Treiber für aktuelle technische Entwicklungen bei Drill- und Einzelkornsämaschinen. Hierzu kommen sowohl neue elektronische als auch mechanische Komponenten auf den Markt. Deutsche Hersteller bieten zunehmend Technik zur gleichzeitigen Düngerausbringung mit der Drillsaat an. Mehrere Maschinen ermöglichen Alternativen zur klassischen Maisaussaat und bilden ein neues Marktsegment. Die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen zu Forschungen im Bereich der Sätechnik ist stark gestiegen, was auch mit den Ergebnissen eines staatlichen Förderprogramms zur Forschungsfinanzierung in China in Zusammenhang steht.

Schlüsselwörter

Drillmaschinen, Einzelkornsämaschinen, Fahrgassensystem, Mikrogranulatstreuer

Seeding Technology

Till Meinel

Abstract

Flexible application options, increased user-friendliness and precision are important drivers for current technical developments in seed drills and precision planters. Both new electronic and mechanical components are coming on the market. German manufacturers are increasingly offering technology for simultaneous fertilizer application with drilling. Several machines enable alternatives to traditional corn planting and form a new market segment. The number of scientific publications on research in seeding technology has risen sharply, which is also related to the results of a state funding program for research funding in China.

Keywords

Seed drills, precision planters, tramline system, microgranule applicator

Einleitung

Weiterentwicklungen der Sätechnik zielen auf breitere Einsatzmöglichkeiten der Maschinen ab sowie auf die weitere Verbesserung der Bedienerfreundlichkeit durch elektronische und mechanische Systeme. Die teilweise extreme Sommertrockenheit in Deutschland 2018 zeigt die Notwendigkeit, Sämaschinen zukünftig noch variabler einsetzen zu können. Bei Drillmaschinen fokussierten sich mehrere Hersteller auf die gleichzeitige und räumlich variable Ablage von Saatgut und Dünger sowie auf intelligente Systeme zum Anlegen von Fahrgassen. Für Einzelkornsämaschinen stellt der Beitrag u.a. Neues zum Thema Doppelreihenaussaat bei Mais sowie zur sicheren und umweltschonenden Ausbringung von Mikrodüngern und -granulaten vor. Zahlreiche wissenschaftliche Publikationen dokumentieren das weltweit gestiegene Interesse an Forschungsthemen im Bereich der Sätechnik ebenso wie den zunehmenden Anteil chinesischer Autorinnen und Autoren. Ein 2018 erschienenes Praxishandbuch informiert über das aktuelle Technikangebot. Einsatzmöglichkeiten werden im Zusammenhang mit pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Überlegungen vorgestellt [1].

Drillsaat

Die von Horsch entwickelte Technik zur Kornvereinzelung von Getreide wurde im Oktober 2017 zum Serienverkauf freigegeben. Der Hersteller ergänzte jetzt das System um die Option des DoubleShoot-Schares. Dieses Schar besitzt die bekannte Technik zur Kornvereinzelung und bietet darüber hinaus die Möglichkeit, bis zu 80 kg/ha Dünger möglichst nahe an den Keimling zu bringen, **Bild 1**.

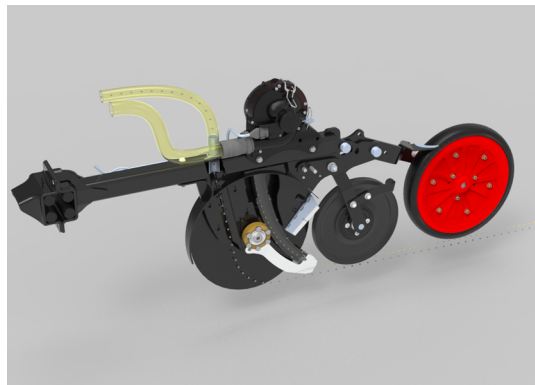


Bild 1: Das HORSCH SingularSystem mit DoubleShoot-Schar kombiniert Kontaktdüngung und Getreidevereinzelung

Figure 1: The HORSCH SingularSystem with DoubleShoot-Schar combines contact fertilization and grain seed singulation

Das Düngerband wird in dem von der Doppelscheibe geformten Säschlitz abgelegt und von der folgenden speziell geformten Kufe mit einer dünnen Erdschicht bedeckt. Auf dieser leicht rückverfestigten Ebene erfolgt die Ablage der vereinzelter Saatkörner. Diese Technologie reduziert Ätزشäden und Keimwasserkonkurrenz bei Trockenheit und stellt gleichzeitig die Nährstoffe für die junge Pflanze frühzeitig und in hoher Konzentration zur Verfügung [2].

Für die Aussaat von Raps und Bohnen unter direktsaatähnlichen Bedingungen sowie auf Flächen mit hohen Mengen schlecht aufbereiteter Ernterückstände an der Oberfläche stellte Horsch ein neues Zinkenschar vor [3]. Das Schar ist für den Einsatz an der Drillmaschinenbaureihe Focus TD mit Reihenabständen von 28/30 oder 35 cm (je nach Focus-Modell) konzipiert. Die bekannte Tiefenführungsrolle am Säschar dient der exakten Tiefenführung bei der Saat sowie der Rückverfestigung der Saatzfurche.

Die flexible Einsatzbarkeit erlangt auch bei Drillmaschinen wachsende Bedeutung für die Anwender. Die Flexibilität bezieht sich sowohl auf die ausgebrachten Stoffe wie Saatgut und Dünger als auch auf deren räumliche Zuordnung: In einer Furche (single shoot-System) oder getrennt in mehreren Bereichen (double oder multi-shoot-System). Amazone stellt eine flexible Dosiermöglichkeit für die Säkombination Cirrus mit 4 und 6 m Arbeitsbreite vor [4]. Die neu entwickelte Fördereinheit ermöglicht die in **Bild 2** gezeigten Möglichkeiten der Saatgut- und Düngerpositionierung. Bei kombinierter single- und double-shoot-Anwendung sind Teilmengen im Verhältnis 50:50 oder ca. 75:25 % einstellbar. Die Anordnung der vorlaufenden Düngerschare ist auf das Profil der Matrix-Packerreifen abgestimmt, sodass der Dünger in wenig verdichtete Bereiche abgelegt wird. Das System ermöglicht Unterfuß- oder Kontaktdüngung sowie die gleichzeitige Ausbringung von Hauptfrucht und Untersaaten.

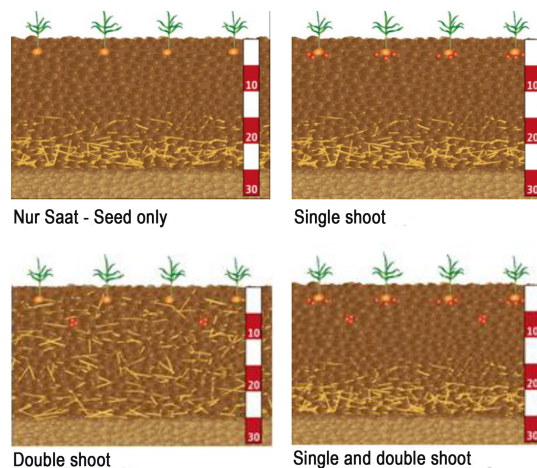


Bild 2: Möglichkeiten der Saatgut- und Düngerpositionierung der Cirrus-CC Double Shoot [4]

Figure 2: Placement possibilities of seed and fertilizer with Cirrus-CC Double Shoot [4]

Bei Großflächendrillmaschinen von Amazone mit 8 - 15 m Arbeitsbreite gestattet ein neu vorgestelltes System mit drei elektrisch angetriebenen Dosiergeräten neben allen ISOBUS - Funktionen eine gestaffelte Entleerung des Saatgutbehälters [4]. Dies hat zum Ziel, für möglichst lange Zeit eine hohe Belastung der Traktorhinterachse und damit eine hohe Traktion sicher zu stellen. Eine neue elektrische Halbseitenabschaltung arbeitet mit Linearmotoren und ermöglicht die wahlweise Abschaltung der rechten oder linken Maschinenseite mittels ISOBUS, **Bild 3**.



Bild 3: Elektrische Halbseitenabschaltung, linke Seite ist abgeschaltet

Figure 3: Electrical Half-width shut-off system with left-hand side switched off

Einen flexibel einsetzbaren Fronttank für Saatgut oder Dünger mit 1.900 Litern Fassungsvermögen stellte Lemken vor [5]. Er ist als Injektor- oder Druckbehälter konzipiert und kann bei 12 km/h bis zu 400 kg Dünger pro Hektar dosieren. Optional ist ein Wiegesystem für die Echtzeitüberwachung von Behälterinhalt und Ausbringmenge lieferbar. Die Schlauchverlegung erfolgt wahlweise unter oder neben dem Traktor, die Verbindungselemente sind mit Schnellkuppelsystemen verfügbar. Frontreifenpacker und modulare Koffergewichte stehen dem Kunden ebenfalls zur Verfügung.

Weitere Hersteller wie z. B. Amazone und Pöttinger haben Wellscheiben zur minimalinvasiven, streifenweisen Bearbeitung des Saathorizontes in ihr Verkaufsprogramm aufgenommen. Diese Technik erweist sich vor allem unter sehr trockenen Saatbedingungen als vorteilhaft.

Lemken stellt neue Verteilerköpfe mit integrierter Fahrgassenschaltung vor [5; 6]. In den Saatgutverteilern sind zwei Lochpatronen übereinander angeordnet. Die untere Patrone dient der regulären Aussaat, in der oberen Patrone sind die entsprechenden Auslässe blockiert. Für die Fahrgassenschaltung wird diese Patrone hydraulisch nach unten bewegt, das System arbeitet ohne Saatgutrückführung, **Bild 4**.

Die optimierte Form der Auslässe sorgt nach Herstellerangaben für niedrige Variationskoeffizienten bei der Querverteilung auch bei der Anlage der Fahrgassen. Spurbreiten und Reihenzahl der Fahrgassen lassen sich durch Auswechseln der Patronen im Verteiler einfach anpassen.

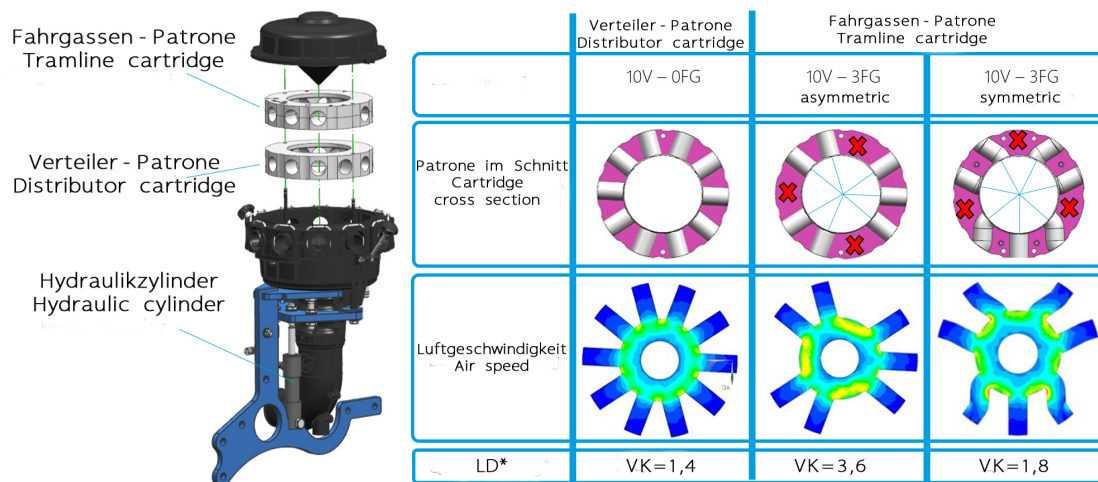


Bild 4: Verteiler mit Fahrgassenschaltung und Vergleich der Querverteilung

LD*...Querverteilung 150 kg/ha Weizen, 8 km/h; VK...Variationskoeffizient

Figure 4: Distributor with tramline switch off and comparison of lateral distribution

LD*...Lateral distribution 150 kg/ha wheat, 8 km/h; VK...Coefficient of variation

Müller-Elektronik entwickelte in Kooperation mit Kverneland und CCI eine Spezifikation für automatische Fahrgassenschaltungen, die drei verschiedene Implementierungs-Level aufweist:

Level 1 – Lenksystem als Übertragungssystem

Level 2 – Lenksystem/Task-Controller; das Anbaugerät berechnet die Fahrgassen

Level 3 – Der Task-Controller berechnet die Fahrgassen.

Ein Nachteil üblicher Fahrgassenschaltungen ist die Notwendigkeit, stets Anschluss zu fahren. Das bei Müller-Elektronik umgesetzte TRAMLINE-Management basiert auf dem Level 2 und erweitert die Applikation TRACK-Leader um eine GPS-gestützte automatische Fahrgassenschaltung. Durch die positionsabhängig an die Sämaschine übermittelte Nummer der Überfahrtsreihe entfällt die Notwendigkeit, Anschluss zu fahren und Spuranreißer sind nicht mehr notwendig.

Die Fahrgassen werden zusätzlich zu den Führungslinien für die Sämaschine auf der Bedienoberfläche angezeigt. Bei Bedarf signalisiert ein Pfeil auf der Führungslinie die erforderliche Fahrtrichtung und das System warnt den Fahrer bei einer falschen Fahrtrichtung.

Die angelegten Fahrgassen werden zu den Felddaten abgespeichert und stehen im Farm Management Informationssystem als Leitspur für nachfolgende Pflegearbeiten zur Verfügung [7].

Einzelkornsaat

Die Maisaussaat in Doppelreihen mit 12,5 cm Abstand der beiden Reihen und doppeltem Pflanzenabstand in der Reihe wird durch mehrere Sätechnikhersteller propagiert (vgl. [8; 9]). Herstellerinterne Versuche belegen Ertragsvorteile des Verfahrens. Pöttinger hat das 2013 vorgestellte Precision Combi Seeding-System (PCS) nach mehrjährigen Weiterentwicklungen

gen und begleitenden Feldversuchen für die Einzelkornsaat von Mais in Doppelreihen freigegeben [9]. Die Maschine ist sowohl für die Drillsaat als auch für Einzelkornsaat geeignet. Nach Herstellerangaben erfolgt die Umrüstung der Maschine für die Einzelkornsaat mit wenigen Handgriffen. Hierzu sind Fangrollen und Furchenformer an die betroffenen Doppelscheibenschare zu montieren. Die Anlage von Fahrgassen ist für einzelne Reihen möglich, das überschüssige Saatgut wird in den Behälter zurückgeführt [10].

Kverneland stellt einen ISOBUS-fähigen, elektrisch angetriebenen Mikrogranulatstreuer in back-to-back Bauweise für die Einzelkornsämaschinen Optima HDII und SX vor, **Bild 5**. Das System ist zur Applikation von Mikrodüngern und Mikrogranulaten geeignet und vermeidet durch den mechanischen Guttransport Umweltschäden durch Abdrift. Die Dosierräder bestehen aus Edelstahl und lassen sich auch bei gefülltem Behälter demontieren. Dieses bedienerfreundliche Feature ermöglicht den Zellenradwechsel ohne Kontakt der Bedienperson mit den oft giftigen Granulaten [11].



Bild 5: Mikrogranulatstreuer in back-to-back Bauweise an Optima SX Säreihe mit 17 l - Behälter
Figure 5: Microgranule applicator with 17 l hopper capacity back-to-back on Optima SX row unit

Der Gemüse-, Kartoffel- und Rübentechnikspezialist Grimme übernahm beginnend mit der Verkaufssaison 2019 den Vertrieb der pneumatischen Einzelkornsämaschinen für Gemüse- und Feinsämereien des englischen Herstellers Stanhay in den Ländern Deutschland, Niederlande, Großbritannien, Polen, Russland und China. Die Maschinen sind unter dem Namen ProAir mit bis zu 24 Säelementen lieferbar. Der Antrieb der Säelemente erfolgt mittels wartungsfreier biegsamer Wellen, **Bild 6**. Ein Säelement kann eine bis vier Säreihen ablegen [12].



Bild 6: ProAir Einzelkornsämaschine für Gemüse- und Feinsaaten mit biegsamen Antriebswellen
Figure 6: ProAir precision planter for vegetable and fine seeds with flexible drive shafts

Forschungsergebnisse

Zahlreiche Autoren veröffentlichten Arbeiten zur Weiterentwicklung, Simulation und Echtzeitüberwachung von Systemen für die Kornvereinzelung. Bai analysierte die Situation der signifikant niedrigeren Maiserträge in China im Vergleich zu den entwickelten Ländern [13]. Die Verfügbarkeit von Technik mit präziser Kornvereinzelung ist nach seiner Auffassung ein Schlüsselfaktor für höhere Maiserträge in China. Das Simulationsmodell eines Zellenraddosiergerätes für Mais erstellten Mitarbeiter der China Agricultural University in Peking [14]. Sie untersuchten die Vereinzelungsgenauigkeit mittels der DEM - Software EDEM und ermittelten die optimalen Betriebsbedingungen des Dosierers. Ein System zur Körnerzählung mittels USB - Kamera und neuronalem Netzwerk stellte Baosheng vor [15]. Die Systementwicklung finanzierte das chinesische Ministerium für Wissenschaft und Technologie im Rahmen des National Key Research and Development Program of China. Eine weitere Veröffentlichung im Ergebnis dieses Förderprogrammes stellt einen Roboter zur Vereinzelung und Aussaat von Mais vor, der im Labormaßstab erfolgreich getestet wurde [16]. Ein künstliches neuronales Netz zur Untersuchung eines Bandsägerätes zur Maisvereinzelung entwickelten Niu et al [17]. Diese Vereinzelungstechnik ist in China weit verbreitet und soll weiter optimiert werden. Ein weiterer Bestandteil des Programmes ist die Untersuchung einer mechanischen Kornvereinzelung mit Fingerscheibe [18]. Xue et al stellten die Entwicklung eines mechanischen Vereinzelungsaggregates für Soja vor [19]. DEM - Simulation und praktische Labortests ergaben bis 11 km/h Arbeitsgeschwindigkeit Vereinzelungsgenauigkeiten >95 %.

Den Einfluss heterogener Feldbedingungen auf die Ablagetiefe bei der Maisaussaat ermittelten Poncet et al in zweijährigen Exaktfeldversuchen in Alabama [20]. Je drei Tiefen und Vertikalbelastungen der Säreihen wurden untersucht, wobei die Maschineneinstellungen der sechsreihigen Sämaschine in beiden Versuchsjahren unverändert blieben. Im Ergebnis zeigten sich signifikante Schwankungen der Sätiefe bis 2,1 cm sowohl zwischen den Standorten als auch zwischen den Versuchsjahren.

Ein System zur Echtzeitmessung von Kornabstand und Ablagetiefe bei der Maisaussaat entwickelten Mitarbeiter der Kansas State University [21]. Die Messungen erfolgten durch High-Speed-Kameras, die zwischen Säschar und Andruckrolle an einer Säreihe einer Ein-

zelkornsämaschine befestigt sind. Weitere Sensoren sind notwendig, um Korrektursignale für die Tiefenmessung bereit zu stellen.

Wesentliche Parameter zur Prozessoptimierung der Maisaussaat ermittelten Wissenschaftler an der Ohio State University [22]. Dieselverbrauch, Arbeitsgeschwindigkeit und Motorauslastung wurden mit einem CAN - Bussystem unter ebenen und hügeligen Feldbedingungen in Echtzeit ermittelt. Zum Einsatz kam ein John Deere Raupentraktor 9520RX mit einem 24reihigen Maissägerät 1770NT von John Deere.

Mehrere Hersteller bieten Systeme zur Regelung des Auflagedrucks bei Maissägeräten an, um die Einhaltung der Ablagetiefe bei wechselnden Bodenbedingungen zu optimieren. Mitarbeiter der Kansas State University untersuchten an einem 12reihigen Maissägerät die Variabilität des Auflagedrucks zwischen den Säeinheiten, die Spanne des Auflagedrucks innerhalb von Sektionen zu je 2, 3 und 4 Reihen sowie den Einfluss der Bodentextur und der Bodenverdichtung in den Fahrspuren [23]. Eine ähnliche Fragestellung bei der Einzelkornsäat von Baumwolle bearbeitete Way [24]. Die Verwendung sieben verschiedener Druckrollen hatte in dreijährigen Versuchen auf sandigem Lehm und Ton keine signifikanten Auswirkungen auf den Feldaufgang zehn Tage nach der Aussaat.

Die Entwicklung eines Systems zur punktgenauen Applikation granulierter Mineraldünger bei der Maisaussaat an der TH Köln wurde bereits in [25] dargestellt. Bouten [26] stellte die Entwicklungssystematik sowie die Methodik der Laborversuche zur Optimierung der technischen Lösungen vor.

Die DEM-Simulation des Verhaltens von Maiskörnern in einer kommerziellen Förderschnecke beschreibt Tekeste in [27]. Für die Kalibrierungsversuche im Labormaßstab benutzen die Autoren Kornmodelle mit bis zu 13 Flächen und erzielten in quantitativen Versuchen mit Schneckengeschwindigkeiten von 250 und 450 min⁻¹ Abweichungen <10 %.

Die Dämpfungswirkung magnetorheologischer Stoßdämpfer auf das dynamische Verhalten der Säeinheiten einer Direktsaatmaschine untersuchte Sharipov [28]. Der Einsatz magnetorheologischer Stoßdämpfer verbessert die Genauigkeit der Ablagetiefe, im Ergebnis von Feldversuchen zeigen sich verringerte Variationskoeffizienten der Ablagetiefe im Vergleich zur Serienversion.

Ein neu entwickeltes Dosiergerät für pneumatische Drillmaschinen weist ein kegelförmiges Dosierorgan auf und bietet zusammen mit seinem elektrischen Antrieb die Möglichkeit, alle notwendigen Einstellungen zentral am Bedienterminal in der Traktorkabine vorzunehmen. Es wurde 2015 erstmals vorgestellt [8]. Geraats präsentierte konstruktive Details und erste Praxiserfahrungen [6]. Weiterhin erläutert der Beitrag die im Abschnitt "Drillsaat" vorgestellte Fahrgassenschaltung.

Ein System zur Echtzeitüberwachung von Saat- und Düngermenge sowie Sätiefe bei der Weizenaussaat entwickelten chinesische Wissenschaftler im Rahmen des bereits erwähnten Förderprogramms [29]. Die ausgewählten Sensoren umfassen Durchflusssensoren, Winkelsensoren, Hall-Effekt-Geschwindigkeitssensoren sowie GPS-Positionssensoren. Die vorgestellten Ergebnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung intelligenter Sätechnik für Weizen.

Die Ergebnisse von DEM-Simulationen eines Zellenraddosiergerätes mit Erbsen werden in [30] vorgestellt. Die Autoren variierten die Einflussparameter Zellenraddrehzahl und Dämpfungskoeffizient, wobei letzterer aus Literaturstudien entnommen ist.

Mehrere Veröffentlichungen beschäftigen sich mit physikalischen Eigenschaften von Saatgütern. Dabei handelt es sich um Weizen [31], Bohnen [32] sowie die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) [33].

Möglichkeiten einer vereinfachten zentralen Eingabe der Maschinenparameter bei der Aussaat stellte Gennepor vor [34]. Moderne Aussaatmethoden erfordern oftmals die gleichzeitige Ausbringung mehrerer Betriebsmittel wie z. B. Saatgut, Dünger und Mikrogranulate. Der neue Lösungsansatz zur automatisierten Inbetriebnahme von Mehrgerätekombinationen reduziert die erforderliche Nutzerinteraktion bei der Arbeitsvorbereitung, verkürzt die Inbetriebnahmezeit und verringert manuelle Fehleingaben.

Zusammenfassung

Für Drillmaschinen stellt der Beitrag mehrere neu entwickelte Schare vor, u.a. zur kombinierten Anwendung von Getreidevereinzeln und Düngerablage sowie Zinkenschare für direkt-saatähnliche Bedingungen. Elektronische Systeme ermöglichen die optimierte Tankentleerung bei Großflächendrillmaschinen sowie die intelligente Fahrgassenanlage ohne den Einsatz von Spuranreißern. Ein Verteilerkopf mit integrierter Fahrgassenschaltung erzielt aufgrund seiner optimierten Form sehr gute Querverteilungswerte auch bei der Anlage von Fahrgassen. Viele Einsatzmöglichkeiten bietet ein modular aufgebauter Fronttank, der wahlweise als Injektor- oder Drucktank arbeiten kann.

Neuheiten zur Einzelkornsätechnik betreffen Maschinen zur Doppelreihensaat bei Mais und zur kombinierten Drill- und Einzelkornsäat. Ein Streuer für Mikrodünger und -granulate verhindert durch sein intelligentes Design den Kontakt der Bedienperson mit den Chemikalien und reduziert Umweltschäden durch Abdrift. Pneumatische Sämaschinen für Gemüse- und Feinsämereien des englischen Herstellers Stanhay werden ab 2019 in wichtigen Märkten vom Gemüse-, Kartoffel- und Rübentechnikspezialisten Grimme vertrieben, der damit sein Produktprogramm vervollständigt.

Forschungsergebnisse umfassen ein breites Themenspektrum. Zahlreiche Arbeiten beschäftigen sich mit der weiteren Verbesserung von Vereinzelnungssystemen für Mais und Soja, häufig unter Verwendung moderner Simulationstechniken wie DEM. Ein staatliches Programm zur Forschungsfinanzierung in China mündete in zahlreichen internationalen Veröffentlichungen. Mehrere Projekte beinhalten die Prozessoptimierung der Maisaussaat, so u.a. die Echtzeitmessung von Kornabstand und Ablagetiefe.

Aktuelle Forschungsarbeiten an Drillmaschinen behandeln die Reduzierung von Vertikalschwingungen an Direktsaatmaschinen, die Eigenschaften eines Dosierers mit vertikaler Welle sowie die Echtzeitüberwachung von Sätiefe, Saat- und Düngermenge bei der Weizen-saat.

Weitere Arbeiten veröffentlichen Ergebnisse zu physikalischen Eigenschaften von Saatgütern wie Weizen, Bohnen und Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.).

Literatur

- [1] Bischoff, J.; Grosa, A.; Grube, J. und Meinel, T.: Praxishandbuch Bodenbearbeitung und Aussaat. 1. Auflage. Clenze: Erling-Verlag 2018.
- [2] Braun, M.: Neuheiten Horsch - Sätechnik 2018, Word - Datei, 08.01.2019.
- [3] N.N.: Prospekt Focus (2019). Schwandorf, Horsch Maschinen GmbH.
- [4] Lummer, B.: Neuheiten Amazone - Sätechnik 2018, 29.11.2018.
- [5] Büsch, L.; Heier, L. und Sagemüller, B.: Sätechnik - Neuheiten Lemken 2018, 11.01.2019.
- [6] Geraats, M.; Werries, D. und Gebbeken, M.: Neuartiges automatisiertes Dosier- und Verteilersystem für pneumatische Drillmaschinen. In: VDI-Berichte. 2332 (2018), S. 191–196.
- [7] Jochheim, C.: Fahrgassenmanagement, persönliche Information, 04.12.2018.
- [8] Meinel, T.: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2015. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016. S. 1-10.
- [9] Steibl, I.: AEROSEM PCS DUPLEX SEED – Maisaussaat in Doppelreihe. Pressemitteilung der Pöttinger Landtechnik GmbH; Grieskirchen 2018.
- [10] Preimeß, J.: Pöttinger Neuentwicklungen Sätechnik 2018, persönliche Information, 03.12.2018.
- [11] Homann, K.: Kverneland electric micro granule applicator for OPTIMA HD-II and SX. Pressemitteilung der Kverneland Group Soest GmbH, Soest 2018.
- [12] N.N.: Prospekt ProAir, Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG. Damme 2018.
- [13] Bai, H.; Li, S.; Wang, D.; Fang, X.; Yuan, Y.; Zhou, L.; Niu, K.; Wu, K. und Li, Y.: Research progress and prospect on corn precision metering technology. ASABE Paper No. 1800795, S. 1–7.
- [14] Ma, W.; Wang, D.; Ye, B.; Wu, Y. und Li, Y.: Simulation test on seed metering performance based on DEM. ASABE Paper No. 1800973, S. 1–6.
- [15] Baosheng, L.; Xingxing, L.; Tong, Z.; Fang, T.; Yu, T. und Shixiong, L.: Corn Seeding Monitoring System Based on Image Processing. ASABE Paper No. 1800354, S. 1–5.
- [16] Shixiong, L.; Luofeng, Z.; Xiaozhang; Yangliu; Haotun, L. und Yongjun, Z.: The Study of Path Planning and Precise Seeding of a Seeding Robot. ASABE Paper No. 1800818, S. 1–8.
- [17] Niu, Q.; Lu, C.; Li, H.; Wang, Q.; Hu, H.; Wei, Z. und Zhao, H.: Development of artificial neural network models for seeding performance of a belt-type corn seed metering device. ASABE Paper No. 1800371, S. 1–6.
- [18] Gang, W.; Xiangyang, L.; Haotun, L.; Shixiong, L.; Yongjun, Z. und Yu, T.: Research on the Monitoring System of Precision Seeding of Maize. ASABE Paper No. 1800732, S. 1–8.
- [19] Xue, P.; Xia, X.; Gao, P.; Ren, D.; Hao, Y.; Zheng, Z.; Yan, X.; Zhu, R.; Hu, B. und Huang, Y.: Double-setting seed-metering device for precision planting of soybean in high speeds. In: Transactions of the ASABE. In press, S. 1–27.

-
- [20] Poncet, A. M.; Fulton, J. P.; McDonald, T. P.; Knappenberger, T.; Shaw, J. N. und Bridges, R.: Effect of heterogeneous field conditions on corn seeding depth accuracy and uniformity. In: Applied Engineering in Agriculture. 34(5), S. 819–830.
- [21] Badua, S. und Sharda, A.: Development of a machine vision system for real-time measurement of seed spacing and seeding depth of corn. ASABE Paper No. 1801776, S. 1–13.
- [22] Al-Aani, F. S.; Darr, M. J.; Powell, L. J. und Covington, B. R.: Design and validation of an electronic data logging system (CAN Bus) for monitoring machinery performance and management- Planting application. ASABE Paper No. 1800964, S. 1–21.
- [23] Badua, A.; Sharda, A.; Flippo, D. und Ciampitti, I. A.: Real-time gauge wheel load variability of a row-crop planter during field operation. In: Transactions of the ASABE. Vol. 61(5), S. 1517–1527.
- [24] Way, T. R.; Kornecki, T. S. und Tewolde, H.: Planter closing wheel effects on cotton emergence in a conservation tillage system. In: Applied Engineering in Agriculture. 34(1), S. 177–186.
- [25] Meinel, T.: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-11.
- [26] Bouten, M.; Meinel, T. und Kath-Petersen, W.: Entwicklung einer Portionierungseinheit zur punktgenauen Applikation von granuliertem Mineraldünger bei der Maisaussaat. In: VDI-Berichte. 2332 (2018), S. 173–182.
- [27] Tekeste, M. Z.; Mousaviraad, M. und Rosentrater, K. A.: Discrete element model calibration using multi-responses and simulation of corn flow in a commercial grain auger. In: Transactions of the ASABE. 61(5), S. 1743–1755.
- [28] Sharipov, G.; Paraforos, D. S. und Griepentrog, H. W.: Modelling and implementation of an MR damper into a no-till seeding assembly for optimising its dynamic performance. In: VDI-Berichte. 2332 (2018), S. 183–190.
- [29] Haotun, L.; Jieyu, R.; Xin, L.; Shixiong, L.; Gang, W. und Yongjun, Z.: Review of the Monitoring Systems of the Machine for Precision Sowing and Fertilization of Wheat. ASABE Paper. No. 1800736, S. 1–8.
- [30] Guzman, L. und Chen, Y.: Discrete element modeling of seed metering as affected by roller speed and damping coefficient. ASABE Paper No. 1800596, S. 1–10.
- [31] Petingco, M. C.; Casada, M. E.; Maghirang, R. G.; Thompson, S. A.; McNeill, S. G.; Montross, M. D. und Turner, A. P.: Influence of kernel shape and size on the packing ratio and compressibility of hard red winter wheat. In: Transactions of the ASABE. 62(4), S. 1437–1448.
- [32] Senthilkumar, T.; Jian, F.; Jayas, D. S. und Narendran, R. B.: Physical properties of white and black beans (*Phaseolus vulgaris*). In: Applied Engineering in Agriculture. 34(4), S. 749–754.
- [33] Schäfer, A.; Leder, A.; Graff, M.; Damerow, L. und Schulze Lammers, P.: Vermessung und Sortierung von Saatkörnern der Durchwachsenen Silphie zur Optimierung der Bestandesetablierung. In: Landtechnik. 73(4), 2018, S. 97–105.
-

- [34] Genneper, G.; Vennemann, H. und van den Boom, M.: Multifunktionale ISOBUS - Kombinationen – Das anwenderfreundliche Precision Farming System im Bereich der Aussaat. In: VDI-Berichte. 2332 (2018), S. 259–264.

Autorendaten

Prof. Dr.-Ing. Till Meinel ist stellvertretender Institutsdirektor am Institut für Bau- und Landmaschinentechnik Köln der Technischen Hochschule Köln.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 29.01.2019

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2018. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2019. S. 1-12

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201901211140-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2018/chapter/saetechnik.html>